

UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION – FACULTÉ DES SCIENCES

MASTER 2^{ème} Année Biodiversité et ÉcoSystèmes Tropicaux

Année universitaire 2012-2013

Pôle de Protection des Plantes CIRAD Saint Pierre

UMR Peuplements Végétaux et Bio-agresseurs en Milieu Tropical

MÉMOIRE BIBLIOGRAPHIQUE

Étude des relations insecte- plante dans le cas du couple *Cibdela janthina* (Hymenoptera : Argidae) – *Rubus alceifolius* (Rosaceae)



Cibdela janthina adulte sur une feuille de *Rubus alceifolius*.

(Photo: A. Franck – CIRAD)

Maitre de stage

Serge QUILICI (CIRAD – UMR PVBMT Université de La Réunion – Docteur HDR
Entomologiste)

Co-encadrement

Alexandre MATHIEU (Doctorant)

Présenté par

Quentin CHESNAIS

Table des matières

Introduction	1
1. Les tenthrèdes : des espèces nuisibles en agriculture, d'autres utiles contre les pestes végétales	2
1.1 Description des Tenthredinoidea	2
1.2 Les pertes économiques et écologiques causées par les tenthrèdes	2
1.3 L'utilisation des tenthrèdes en lutte biologique	3
2. Le problème des plantes exotiques invasives	3
2.1 Exemple de La Réunion	3
2.2 Les types d'impacts des plantes envahissantes	4
3 La lutte biologique contre <i>Rubus alceifolius</i> à l'aide de <i>Cibdela janthina</i>	5
3.1 <i>Rubus alceifolius</i> : une espèce exotique envahissante majeure	5
3.2 La recherche de l'agent de lutte biologique	6
3.3 Éléments de biologie de <i>Cibdela janthina</i>	6
4. Modélisation de l'impact de <i>Cibdela janthina</i> à différentes altitudes	8
4.1 Problématique	8
4.2 Objectifs du stage et méthodologie	8
4.2.1 Choix du site de ponte par la femelle	9
4.2.2 Suivi de la mortalité des stades pré-imaginaux en conditions semi-naturelles	9
4.2.3 Impact de la consommation larvaire sur la croissance de <i>Rubus alceifolius</i>	10
Bibliographie	11
Lexique	19
Annexe n°1 : Les Argidae considérées comme des ravageurs	I
Annexe n°2 : Les tenthrèdes étudiées comme agent potentiel de lutte biologique contre des plantes envahissantes	III
Annexe n°3 : Un massif de <i>Rubus alceifolius</i>	IV
Annexe n°4 : Planche botanique de <i>Rubus alceifolius</i>	V
Annexe n°5 : Taxonomie de <i>Cibdela janthina</i>	VI
Annexe n°6 : Les différents stades de vie de <i>Cibdela janthina</i>	VI
Annexe n°7 : Cycle biologique de <i>Cibdela janthina</i>	VII
Annexe n°8 : Grande cage expérimentale	VIII
Annexe n°9 : Organisation de la grande cage expérimentale	IX
Annexe n°10 : Œufs de <i>Cibdela janthina</i> dans une nervure de <i>Rubus alceifolius</i>	X

Introduction

Les relations entre les insectes et les plantes sont d'une importance cruciale, car le règne des plantes et la classe des insectes représentent deux vastes taxons d'organismes vivants, à la fois en termes d'abondance en espèces qu'en quantité de biomasse. Les plantes forment de loin le plus volumineux des compartiments de biomasse tandis que les insectes sont les leaders en nombre d'espèces (Schoonhoven *et al.* 2005).

Ces deux groupes sont unis par des relations complexes, les plantes servant de sources primaires de composés riches en énergie pour les organismes hétérotrophes* tels que les insectes et d'un autre côté l'exposition aux insectes des plantes étant vraisemblablement une cause majeure du développement de la diversité végétale (Ehrlich & Raven 1964).

Les études concernant les interactions insectes-plantes sont confrontées au constat paradoxal que la plupart des plantes dans les écosystèmes naturels montrent peu ou même aucun dommage apparent, malgré l'existence d'un nombre important d'espèces d'insectes herbivores. La défoliation complète de la végétation ne se produit que de façon sporadique. Il est estimé que les insectes consomment de l'ordre de 10 % de l'ensemble de la biomasse produite annuellement par les plantes (Coupe & Cahill Jr 2003). Cette valeur varie considérablement selon le type de végétation, le climat et le biotope. Par exemple, la pression des herbivores est beaucoup plus intense dans les forêts tropicales sèches que dans les forêts tempérées (14 % contre 7 %) (Coley & Barone 1996).

Cette pression des insectes phytophages* peut avoir de forts impacts économiques et écologiques. Ainsi, des ravageurs des cultures sont la cause de pertes de rendements importantes estimées à plusieurs milliards de dollars par an (Pimentel *et al.* 2005).

Mais la phytophagie de ces insectes peut parfois aussi être détournée dans une logique de conservation. En effet de nombreuses espèces végétales deviennent invasives suite à leur introduction sur un territoire nouveau et libre de tous prédateurs. Sans herbivore spécialiste, elles ont pu réallouer les ressources nécessaires à la défense vers la croissance, la reproduction ou même les deux, comme proposé par l'hypothèse EICA (Evolution of Increased Competitive Ability) (Blossey & Notzold 1995). Une lutte biologique via l'introduction d'un insecte phytophage peut alors parfois être mise en place afin de limiter l'impact de cette espèce végétale invasive et de réduire ses populations à un niveau acceptable d'un point de vue économique et écologique (Caughley 1976).

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude qui fait suite à l'introduction de la tenthrède *Cibdela janthina* Klug (Argidae) en tant qu'agent de lutte biologique contre la vigne marronne *Rubus alceifolius* Poiré (Rosaceae). Cette synthèse bibliographique présentera tout d'abord quelques éléments de la biologie des tenthrèdes, puis des exemples de tenthrèdes ravageuses de cultures mais aussi de programmes de lutte biologique utilisant ces insectes contre des plantes envahissantes. L'impact des espèces végétales envahissantes sera évoqué en se focalisant sur le contexte particulier de la Réunion. Puis, le programme de lutte biologique contre *Rubus alceifolius* par *Cibdela janthina* sera résumé depuis son initiation jusqu'aux études de suivi dans lesquelles notre travail se situe. Enfin, dans les dernières parties seront exposés les objectifs de l'étude, problématiques et méthodes choisies pour y répondre.

* Cf. Lexique

1. Les tenthrèdes : des espèces nuisibles en agriculture, d'autres utiles contre les pestes végétales

1.1 Description des Tenthredinoidea

Les Tenthredinoidea appartiennent à l'ordre des Hymenoptera et au sous-ordre des Symphyta. Communément appelées tenthrèdes ou Mouches à scie, elles se distinguent des autres hyménoptères par un caractère morphologique particulier : l'abdomen fait suite directement au thorax avec lequel il est fusionné, sans aucun étranglement entre les deux. Par ailleurs, leurs larves sont agiles, pourvues d'appendices au moins thoraciques et ont généralement la forme de chenille (larves éruciformes) (Goulet & Hubert 1993). Les 8^{ème} et 9^{ème} sternites* portent chacun intérieurement des gonapophyses constituant une tarière* en forme de scie. Très souvent la femelle incise les tissus végétaux à l'aide de cette scie ; elle y fait non seulement une entaille, mais y creuse en outre une petite cavité où elle dépose son œuf ; ces incisions sont faites à la surface des rameaux, à la surface des feuilles ou dans les nervures. Les larves se nourrissent de tissus végétaux en adoptant un comportement solitaire ou grégaire selon l'espèce. En fin de développement, la larve s'enferme dans un cocon qu'elle tisse avec de la soie. Ce cocon est le plus souvent confectionné dans le sol. La larve y reste longtemps immobile, puis se transforme en nymphe. Les espèces présentent le plus souvent les deux sexes. La parthénogénèse*, très fréquente chez les tenthrèdes, est arrhénotoque* ou thélytoque* selon les espèces (Grassé 1951).

1.2 Les pertes économiques et écologiques causées par les tenthrèdes

Les introductions d'espèces exotiques (toutes espèces confondues) ont un coût évalué à près de 120 milliards de dollars annuellement pour le seul territoire des États-Unis (Pimentel *et al.* 2000; Kimberling 2004; Gutrich *et al.* 2007; De Vis & van Lenteren 2008). L'introduction d'hyménoptères phytophages peut avoir de forts impacts économiques et écologiques. Lors de proliférations, ils peuvent entraîner la défoliation de leurs plantes-hôtes, réduire leur croissances ou parfois même entraîner leur mort (Annexe n°1) (Lyytikäinen-Saarenmaa & Tomppo 2002; De Somviele *et al.* 2004).

Ainsi, les *Siricidae* introduits aux États-Unis sont considérés comme une menace économique sérieuse avec une estimation de pertes économiques supérieure à 0,76 milliards de dollars sur 30 ans (Yemshanov *et al.* 2009; Rasplus *et al.* 2010).

Des estimations précises de pertes de rendements ont également été réalisées pour *Cephus pygmaeus* L. (Cepidae). Elles font état de pertes proches de trois quintaux pour les blés dur et tendre, soit des pertes économiques de 68 \$.ha⁻¹ (Özberk *et al.* 2005).

Concernant les *Diprionidae*, sur une parcelle d'étude de *Pinus sylvestris* (Pinaceae) impactée par le ravageur *Diprion pini* L., les pertes économiques totales pour neuf années de période de récupération, en incluant les pertes de croissance et la mortalité d'arbres, ont été estimées à 1060 € par hectare (Lyytikäinen-Saarenmaa *et al.* 2003). Un autre ravageur du pin, *Sirex noctilio* F. (Siricidae), est susceptible de causer des mortalités significatives (plus de 80%) dans les plantations de *Pinus radiata* D. (Pinaceae) ainsi que dans les forêts « stressées » par des facteurs abiotiques tels que de fortes précipitations. En Australie, cette espèce a ainsi tué en une seule année 1,75 million d'arbres sur 141 000 hectares de plantations âgées de 10 à 30 ans (Haugen & Underdown 1990; Haugen 2006). Les dommages potentiels causés par *S. noctilio* en Australie

* Cf. Lexique

sont estimés entre 16 et 60 millions de dollars par an (Bedding & Iede 2005). Par ailleurs, le Brésil considère cette espèce comme une menace majeure pour ses plantations de pins et a mis en œuvre un programme intensif de lutte contre ce ravageur (Iede *et al.* 1998).

Une tenthrède invasive *Aproceros leucopoda* Takeuchi (Argidae) originaire de l'Est asiatique s'attaque depuis 2003 aux ormes (*Ulmus* spp.) du Sud-est de l'Europe. Les larves ont la capacité de défolier complètement les ormes natifs ou introduits et peuvent causer à terme un dépérissement des arbres. Des études sont menées sur la prédiction des futures zones d'extension vers l'Europe de l'Ouest ainsi que sur la recherche d'un agent de lutte biologique efficace (Blank *et al.* 2010).

1.3 L'utilisation des tenthrèdes en lutte biologique

Bien que de nombreuses espèces de symphytes soient des ravageurs des cultures ou des forêts, il existe aussi des espèces ayant pour hôtes des plantes qui au contraire ont un impact économique et écologique négatif, telles que des plantes exotiques envahissantes. Il est alors parfois envisagé d'utiliser certaines espèces de tenthrèdes en tant qu'agent de lutte biologique contre ces plantes envahissantes (Annexe n°2).

Ainsi, *Heteroperreya hubrichi* Malaise (Pergidae) a fait l'objet d'études pour tester sa capacité à contrôler le faux-poivrier *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), devenu envahissant en Floride ainsi qu'à Hawaï (Medal *et al.* 1999; Hight *et al.* 2003; Cuda *et al.* 2005). Par ailleurs, *Lophyrotoma zonalis* Rohwer (Pergidae) a été sélectionnée après plusieurs études afin d'évaluer sa capacité d'agent de lutte biologique contre *Melaleuca quinquenervia* Cav. (Myrtaceae) dans le Sud de la Floride (Burrows & Balciunas 1997).

Atomacera petroa Smith (Argidae) a également fait l'objet d'études pour estimer son potentiel comme agent de lutte biologique contre *Miconia calvescens* DC (Melastomataceae). Cette plante exotique envahissante est considérée comme étant une des plus grandes menaces pesant sur les écosystèmes naturels d'Hawaï et d'autres îles du Pacifique. La spécificité d'hôte d'*A. petroa*, l'impact foliaire important que les stades larvaires ont sur l'espèce invasive et son absence d'ennemis naturels sur Hawaï ont conduit à envisager son utilisation en tant qu'agent de lutte biologique (Badenes-Perez & Johnson 2007).

2. Le problème des plantes exotiques invasives

2.1 Exemple de La Réunion

Située dans l'Océan Indien, La Réunion comprend la plus grande diversité d'habitats des Mascareignes, du fait notamment de sa topographie. Les végétations de plaines sèches et semi-sèches naturelles ainsi que les végétations côtières ont presque totalement été détruites. Toutefois, entre 20 et 30 % de la végétation, surtout dans les hauteurs, restent conservées dans leur état primaire (Kueffer & Lavergne 2004).

Au moins six espèces de plantes et 21 espèces de vertébrés endémiques de La Réunion sont éteintes, alors que 18 % des espèces de la flore native et 35 % des espèces de vertébrés endémiques restantes sont classées comme « menacées » ou « quasi-menacées » par l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature).

À La Réunion, la prise de conscience de l'impact des espèces invasives ne date pas d'aujourd'hui. Ainsi, à la fin du XIX^{ème} siècle, de Cordemoy (1895) s'inquiétait déjà de la prolifération du « Raisin marron » (*Rubus alceifolius* Poiret). La mobilisation des scientifiques

(Cadet 1977; Lavergne 1978), puis des décideurs et gestionnaires, a fait émerger, au début des années 1980, une volonté politique forte de s'attaquer à cette peste végétale.

Parmi les 62 espèces végétales exotiques considérées comme hautement invasives à La Réunion, les cinq espèces les plus envahissantes sont: *Psidium cattleianum* Sabine (Goyavier fraise), *Rubus alceifolius* (Vigne marronne), *Lantana camara* L. (Galabert), *Ligustrum robustum* L. (Troène de Ceylan) et *Hedychium gardnerianum* Sheppard (Longose) (MacDonalds *et al.* 1991).

Sous l'impulsion, et avec le soutien de la Région, du Département, de l'Office National des Forêts (ONF), des services de l'état (Direction Régionale de l'Environnement -DIREN- et Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt -DAAF-), des missions d'expertise, des programmes de recherche, des chantiers de lutte et des actions de communication ont été lancés. La première expertise globale sur les plantes invasives a été réalisée en 1989. Une première stratégie de lutte contre les espèces envahissantes a alors été proposée (MacDonalds 1989; MacDonalds *et al.* 1991).

2.2 Les types d'impacts des plantes envahissantes

Les impacts environnementaux et économiques des espèces invasives à La Réunion peuvent être regroupés en quatre catégories : impacts sur les écosystèmes, impacts sur les interactions biotiques, effets génétiques et impacts sur les systèmes anthropogéniques*.

Les impacts sur les écosystèmes incluent tous les changements négatifs des processus et conditions éco-systémiques (Richardson *et al.* 2000). Les espèces invasives peuvent interférer avec les régimes de perturbations naturelles (comme les feux, les inondations, les dynamiques hydrauliques des côtes et rivières, l'érosion, les dynamiques des trouées forestières), ou altérer les conditions de l'écosystème (disponibilité en lumière, eau, nutriments...) (Kueffer & Lavergne 2004).

Les modifications apportées au régime de perturbations naturelles peuvent, par exemple dans le cas de *R. alceifolius*, augmenter la fréquence de formation de trouées forestières (MacDonalds *et al.* 1991). Les arbres envahis par *R. alceifolius* sont plus facilement touchés par les cyclones. Des zones ouvertes confèrent des conditions idéales pour des invasions secondaires de nombreuses espèces exotiques (Strasberg 1995).

Selon leur aire d'origine, les plantes exotiques sont plus ou moins bien adaptées aux vents et fortes pluies associés aux cyclones contrairement à la flore native de La Réunion. Ainsi, les espèces de pays tropicaux d'Asie, soumises à des régimes cycloniques, peuvent profiter de dispersion par multiplication végétative à La Réunion (MacDonalds *et al.* 1991).

Les impacts sur les interactions biotiques incluent la compétition entre les espèces de plantes natives et exotiques (interactions au sein du même niveau trophique) aussi bien que les interactions inter- et intraspécifiques (Kueffer & Lavergne 2004).

L'impact le plus prononcé des espèces de plantes exotiques à La Réunion est l'entrave à la régénération des espèces natives (MacDonalds *et al.* 1991; Gigord *et al.* 1999; Lavergne *et al.* 1999). La compétition émanant des espèces exotiques est particulièrement problématique pour les espèces capables d'investir de rares habitats reliques comme les ravines semi-sèches ou les forêts de montagne (MacDonalds *et al.* 1991).

* Cf. Lexique

Aucune hybridation* d'espèces de plantes invasives n'a été enregistrée à La Réunion. Néanmoins, à Madagascar, *R. alceifolius* s'est probablement hybridé avec l'espèce native *Rubus roridus* Lindl. Les hybridations entre les espèces du genre *Rubus* sont par ailleurs fréquents et donnent des descendance viables (Amsellem *et al.* 2000).

Un programme de recherche sur la lutte biologique contre *R. alceifolius* a été initié en 1996 par le Conseil Régional de La Réunion, avec le support de l'ONF-Réunion, du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable et de l'Union Européenne. Les travaux, menés par le CIRAD et l'Université de La Réunion, ont débuté en 1997.

3 La lutte biologique contre *Rubus alceifolius* à l'aide de *Cibdela janthina*

3.1 *Rubus alceifolius* : une espèce exotique envahissante majeure

Rubus alceifolius Poiret (Rosaceae) appartient au sous-genre *Malachobatus*, qui comprend environ 80 espèces asiatiques tropicales et subtropicales. Cette Rosacée a été introduite à La Réunion vers 1845 (De Cordemoy 1892) et il semble qu'elle était déjà envahissante à la fin du XIX^{ème} siècle. Dans la région de l'Océan Indien, *R. alceifolius* a probablement été introduite d'abord à Madagascar depuis Java ou la Thaïlande, son aire d'origine (Amsellem *et al.* 2000). *R. alceifolius* a été introduite à La Réunion, à Maurice et à Mayotte depuis Madagascar (Kalkmann 1993). La population sur ces îles est clonale, c'est-à-dire qu'elle est constituée d'un seul génotype (Amsellem *et al.* 2000).

R. alceifolius est l'une des espèces invasives les plus abondantes à La Réunion. Clairsemée dans son aire d'origine, elle colonise à La Réunion tous les milieux ouverts où règne une humidité suffisante: les forêts humides de l'Est (Quere 1990; Sigala & Lavergne 1996), les terres en déprise agricole, les ouvertures forestières, les bords des ravines, les éboulis au pied des remparts (Cadet 1977; Lavergne 1978; MacDonalds *et al.* 1991) et les coulées volcaniques de la côte Est (Strasberg 1995). Dans la partie Ouest de l'île, plus sèche, *R. alceifolius* est présente au-dessus de 500 m d'altitude dans les ravines et monte jusqu'à 1700 m d'altitude. Dans la partie Est, elle croît du niveau de la mer jusqu'à 1600 m d'altitude. Elle s'implante non seulement sur les sites anthropisés mais aussi dans les forêts primaires peu perturbées (Annexe n°3).

R. alceifolius est un arbuste sarmenteux lianescent (Baret *et al.* 2003), dont les tiges sont arquées ou grimpantes (Annexe n°4). Devenant lianescentes, elles peuvent mesurer jusqu'à 15 m de long (Van Thuan 1970; Kalkmann 1993; Friedman 1997; Baret 1999). Il s'agit d'une plante pluriannuelle vivace, capable de se multiplier végétativement par marcottage* (Cadet 1977; Kleinschmidt *et al.* 1987), rejets de souche* (Baret 1999) et bouturages* de tige (Soulères 1991; Le Bourgeois 1998) et de feuille (Observation personnelle: Mathieu 2012).

Baret *et al.* (2004) décrivent un fort pouvoir de production de fleurs, de fruits et de graines à basse altitude. Un aspect clé du développement de cette espèce est sa stratégie de croissance, qui change avec l'altitude. Au-dessous de 1100 m d'altitude, *R. alceifolius* se propage par reproduction sexuée (banque de graines) et par multiplication végétative, tandis qu'au-dessus de 1100 m elle se propage uniquement par des moyens végétatifs (Baret 2002).

L'espèce est tétraploïde* dans son aire d'origine, comme à La Réunion. Un seul individu triploïde* a été décrit au Vietnam (Amsellem *et al.* 2001a). Il a été montré qu'il y a eu un

* Cf. Lexique

changement de reproduction sexuelle en apomixie* entre les aires d'origine et d'introduction. Les populations de Madagascar seraient le résultat d'une hybridation entre les *R. alceifolius* introduits et les populations indigènes de *R. roridrus*, une espèce relativement proche et l'apomixie serait la conséquence de cette hybridation (Amsellem *et al.* 2001b).

3.2 La recherche de l'agent de lutte biologique

À La Réunion, les rares insectes rencontrés sur *R. alceifolius* sont généralistes et d'impact minime ; aucun pathogène n'a été trouvé sur la vigne marronne. C'est pourquoi la recherche d'agents potentiels de lutte biologique contre *R. alceifolius* a fait l'objet de plusieurs missions de prospection dans son aire d'origine (Vietnam, Laos, Thaïlande, Sumatra). Trente huit espèces d'insectes et quatre rouilles ont ainsi été collectées sur des espèces de *Rubus* (Le Bourgeois 1998, 2000, 2001).

Les quatre insectes les plus prometteurs ont fait l'objet d'études sur leur efficacité et de tests de spécificité. Parmi ces insectes, la tenthrède *Cibdela janthina* Poiret (Argidae) a été sélectionnée comme agent potentiel de lutte biologique suite à des études sur sa biologie, son efficacité et sa spécificité alimentaire réalisées à Montpellier et à Sumatra (Indonésie). Avant son lâcher en milieu naturel à La Réunion en octobre 2007, des études complémentaires ont également été menées en quarantaine à La Réunion.

Plusieurs tests de spécificité ont été réalisés sur *C. janthina*, à Sumatra et à La Réunion. En premier lieu, un test de survie sur des plantes ornementales et agricoles proposées en « non-choix » a été réalisé à Sumatra. Ce premier test montre que, quelle que soit la plante testée, les larves ne s'alimentent pas sur d'autres plantes que *R. alceifolius*, et meurent après quelques jours sans pouvoir se nymphoser*. Un second test en « non choix » sur différentes espèces de *Rubus* à Sumatra a montré que sur les autres espèces de *Rubus* la croissance est ralentie avec une mortalité plus ou moins élevée. Enfin, pour un test où le choix est donné aux larves entre *R. alceifolius* et d'autres espèces de *Rubus*, celles-ci choisissent préférentiellement *R. alceifolius* dans 80 à 90 % des cas. Sur les espèces agricoles et forestières de La Réunion, des tests de survie en « non choix » ont également été réalisés en quarantaine à La Réunion. Une mortalité très rapide des larves, incapables de s'alimenter, est observée sur toutes les espèces testées n'appartenant pas au genre *Rubus*. Les larves sont par contre capables de s'alimenter sur trois des quatre espèces de *Rubus* présentes à La Réunion mais parviennent difficilement à achever leur cycle sur *Rubus fraxinifolius* Poiret et *Rubus apetalus* Poiret (Le Bourgeois 2000).

3.3 Éléments de biologie de *Cibdela janthina*

Cibdela janthina Klug appartient à l'ordre des Hymenoptera, au sous-ordre des Symphyta, à la superfamille des Tenthredinoidea, à la famille des Argidae et au genre *Cibdela* (Annexe n°5). Originaire du Sud-est asiatique, cette espèce apparaît comme le principal insecte phytophage s'attaquant à *R. alceifolius* dans ces régions. Les adultes sont de couleur bleue métallique avec des ailes hyalines fumées et des nervures noires (Annexe n°6). Les antennes, caractéristiques des Argidae, n'ont que trois articles, le 3^{ème} très long, claviforme* chez la femelle et garni de poils dressés chez le mâle (Grassé 1951). Les larves sont d'une couleur uniforme qui est en général un vert-jaune plus ou moins clair et cause d'une certaine homochromie d'origine alimentaire (Goulet & Hubert 1993). À Sumatra, elle est présente de 0 à 900 m d'altitude ; des

* Cf. Lexique

essais d'implantation de populations à 1200 m d'altitude se sont révélés infructueux (Andriany 2002).

Les études de biologie, réalisées à Sumatra, montrent que le cycle de développement pré-imaginal dure entre 52 et 72 jours (Andriany 2002). Une étude de l'influence de la température sur les traits de vie de *C. janthina* a montré une variabilité du nombre de stades larvaires chez cette espèce. En effet, les larves complètent leur développement en 5, 6 ou 7 stades larvaires (Annexe n°7). Le nombre de stades tend à augmenter aux températures défavorables et les femelles ont généralement un stade larvaire de plus que les mâles (Mathieu *et al.* 2013, *in prep*).

L'insecte est plurivoltin* et, en fonction de différents facteurs biotiques et abiotiques, 6 à 7 générations sont possibles sans diapause* hivernale. Les adultes semblent être pro-ovogéniques, c'est-à-dire que les femelles émergent avec un stock d'œufs prédéfini. Les femelles ont une parthénogénèse arrhénotoque (les œufs non fécondés donnent des mâles). Elles insèrent leurs œufs par chapelets dans les nervures principales à la face inférieure des feuilles. Les larves quittent la zone de ponte pour se placer les unes à côté des autres à la marge du limbe et commencent alors à s'alimenter. L'ensemble du parenchyme est consommé, ne laissant subsister que les nervures principales. Des attaques importantes et répétées peuvent menées à la mort de la plante. La nymphose a lieu dans un cocon de soie dissimulé dans la litière et dure entre 10 et 15 jours.

Depuis son introduction, les populations de *C. janthina* se sont acclimatées et se sont dispersées sur tout le pourtour de l'île tout en montant en altitude. Les études de terrain bisannuelles menées depuis avril 2011 montrent une progression ralentie de la tenthrède au-dessus de 1000 m d'altitude. À basse altitude, le *Rubus* a complètement disparu par endroits, l'action des larves ayant permis la défoliation de nombreux massifs de vigne marronne menant à leur quasi-disparition dans l'Est. Toutefois depuis peu des rejets de souches sont observés localement au niveau des anciens massifs.

* Cf. Lexique

4. Modélisation de l'impact de *Cibdela janthina* à différentes altitudes

4.1 Problématique

Les plantes invasives sont l'une des principales menaces pour le maintien de la biodiversité en milieu insulaire. À La Réunion, *R. alceifolius* (Rosaceae) est considérée comme la 2^{ème} espèce végétale exotique la plus envahissante (MacDonalds *et al.* 1991).

Les moyens de lutte mécanique et chimique contre cette espèce envahissante ont montré leurs limites, tant d'un point de vue pratique qu'écologique (Kueffer & Lavergne 2004). La Réunion faisant partie de l'un des « hotspots » de biodiversité mondiale (Myers *et al.* 2000), le contrôle biologique de cette espèce par un de ses ennemis naturels a donc été considéré et étudié il y a un peu plus d'une quinzaine d'années. Après des recherches sur la plante (caractérisation génétique, architecture et schéma de développement de l'espèce à La Réunion) et la recherche d'agents potentiels de lutte biologique, la tenthrède *C. janthina* (Argidae) a été relâchée dans le milieu naturel en octobre 2007 au Sud-est de l'île, à Rivières de l'Est et à Bois blanc.

Des études biologiques sur l'agent de lutte et sur les interactions entre la plante et l'insecte ont commencé depuis trois ans et se poursuivent actuellement sous la forme d'un travail de thèse (A. Mathieu). Un modèle de dynamique des populations couplant *C. janthina* et *R. alceifolius* peut être un outil utile pour formaliser les données récoltées, à la fois sur le terrain et au laboratoire, et pour estimer le comportement à long terme de la ronce lorsqu'elle est attaquée par la tenthrède à différentes altitudes.

L'objectif de la thèse dans laquelle s'inclut cette étude est de déterminer si à long terme, *R. alceifolius* présentera des niveaux de populations acceptables d'un point de vue économique et environnemental. Plusieurs questions de recherche sont ainsi abordées : quelle sera la distribution de *C. janthina* sur l'île et dans quelle fourchette d'altitudes, un équilibre stable s'établira-t-il entre la plante et le phytophage ? Quel est l'influence des paramètres climatiques, notamment de la température, sur la dynamique des populations de *C. janthina* ? La température est-elle le principal facteur limitant ou bien d'autres facteurs abiotiques (précipitations, hygrométrie) ou biotiques (prédation, réponse de la plante) ont-ils une influence significative ?

Un travail préliminaire a été effectué à partir de données sur la survie, la durée de développement et la croissance des deux espèces afin de construire un modèle qui fasse ressortir les paramètres clés de la dynamique de leurs populations. Notre étude contribuera à étoffer le modèle par la recherche d'interactions pertinentes entre l'insecte et son hôte et dont les paramètres seront étudiés par des expérimentations sur le terrain et en laboratoire.

4.2 Objectifs du stage et méthodologie

Au cours de ce stage nous étudierons certaines interactions entre *C. janthina* et *R. alceifolius* comme le choix du site de ponte, ou la consommation et la survie larvaires. Par ailleurs, l'impact de l'alimentation des larves sur la croissance de *R. alceifolius* sera également étudié.

Les résultats de notre étude devraient apporter des éléments nouveaux sur les interactions plante-insecte et permettre d'affiner le modèle sur la dynamique spatio-temporelle de *C. janthina* à La Réunion.

4.2.1 Choix du site de ponte par la femelle

Des adultes des deux sexes de *C. janthina* sont collectés sur différents massifs de *R. alceifolius*. Ils sont conservés dans un vivarium jusqu'à leur lâcher sous serre. Les adultes de *C. janthina* sont mis en contact avec un plant de *R. alceifolius* dans une cage « insect proof » de trois mètres de diamètre et deux mètres de haut, de 6 h 00 du matin jusqu'à 18 h 00 (Annexe n°8). L'expérimentation sera poursuivie durant deux jours consécutifs avec des imagos différents mais en conservant le plant de *R. alceifolius* ; et elle sera répétée plusieurs fois.

Dans l'enceinte de la serre des plantes en fleurs telles que le Pourpier maraîcher (*Portulaca oleracea* L.) sont mises à la disposition des adultes, afin de leur fournir une source d'alimentation en pollen et en nectar (Annexe n°9). La température pouvant parfois être élevée sous la serre, des abreuvoirs sont également proposés aux adultes.

Les observations sont réalisées sur une cohorte de 100 femelles et 50 mâles de *C. janthina* lâchés sur un plant de *R. alceifolius* en cage insect-proof. Ces proportions respectent le sex-ratio naturel de 0.66 :1 (mâle : femelle).

Des observations sont effectuées après le lâcher à intervalles réguliers de 30 minutes. Le nombre d'œufs déposés (Annexe n°10), les nombre de femelles en « prospection » ou en ponte sont enregistrés pour chacune des feuilles, suivant la méthode utilisée par Tisdale & Wagner (1991). Des données plus précises concernant les feuilles « réceptives » sont collectées comme leurs tailles, hauteur sur le plant et la nature (végétative ou florifère) de l'axe sur lequel elles sont insérées. Les autres feuilles, sur lesquelles aucune ponte n'aura été observée, seront listées et mesurées afin de caractériser le plant de *R. alceifolius*.

Des mesures de taux d'humidité, de températures et de luminosité sont réalisées tout au long de la journée, à l'aide d'une sonde « Hobo » afin de déterminer une éventuelle influence des conditions climatiques sur le cycle circadien d'activité des insectes.

Cette première expérimentation permettra de préciser le stade de développement des feuilles préféré par les femelles pour la ponte et de mettre en évidence une éventuelle influence de la présence d'œufs sur le comportement de ponte des femelles, afin de déterminer s'il y a compétition intraspécifique pour la ponte.

4.2.2 Suivi de la mortalité des stades pré-imaginaux en conditions semi-naturelles

Suite à la première expérimentation, les cohortes de larves émergées seront suivies durant tout le développement larvaire.

Quotidiennement, les œufs éclos seront dénombrés, puis un suivi de la mortalité pré-imaginale sera réalisé par un comptage des larves survivantes. Ces dénombrements permettront d'estimer les durées et taux de mortalité des différents stades larvaires pour chacune des cohortes suivies.

Parallèlement, les déplacements des larves sur les différentes feuilles du plant de *R. alceifolius* seront décrits

4.2.3 Impact de la consommation larvaire sur la croissance de *Rubus alceifolius*

Pour déterminer l'impact de la consommation larvaire sur la croissance du *R. alceifolius*, un suivi de la croissance foliaire et axillaire de plants de *Rubus* sera réalisé en présence de larves ou non. Pour ce faire, la moitié des plants sera mis en contact avec des femelles gravides* afin qu'elles y déposent leurs œufs, l'autre moitié des plants n'étant pas en contact avec les femelles.

Sur chaque plant, on notera le diamètre à la base des axes et branches, et, pour chaque feuille, sa longueur de la nervure centrale qui permet d'estimer la surface foliaire, (A. Mathieu, commentaire personnel). Afin d'évaluer la consommation larvaire et la croissance de la plante, des mesures de diamètre de tige et de surface foliaire seront effectuées à intervalles de temps réguliers sur les plants traités et témoins.

Dix répétitions sont prévues pour cette expérimentation.

Les données récoltées seront traitées sous le logiciel R version 2.15.1 (R Development Core Team 2011).

* Cf. Lexique

Bibliographie

- Acatay, A. 1970. Pests of *Rosa damascena* Mill. in Turkey. *Anzeiger fur Schadlingskunde und Pflanzenschutz* 43(4):49–53.
- Adachi, I. 1981a. Behavioral process of aggregation of the red-striped sawfly, *Arge nigrinodosa* Motschulsky (Hymenoptera: Argidae). *Applied Entomology and Zoology* 16(1):39–36.
- Adachi, I. 1981b. Comparaison of the effects of larval aggregation between gregarious and solitary species of sawflies, *Arge nigrinodosa* Motschulsky and *Arge nipponensis* Rohwer (Hymenoptera: Argidae). *Applied Entomology and Zoology* 16(4):477–486.
- Alford, D. V. 2012. Pests of ornamental trees, shrubs and flowers. Manson Publishing Ltd, London. 479pp.
- Amsellem, L., J. Noyer, T. Le Bourgeois, and M. Hossaert-McKey. 2000. Comparison of genetic diversity of the invasive weed *Rubus alceifolius* Poiret (Rosaceae) in its native range and in areas of introduction, using amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers. *Molecular ecology* 9(4):443–55.
- Amsellem, L., M.-H. Chevallier, and M. Hossaert-McKey. 2001a. Ploidy level of the invasive weed *Rubus alceifolius* (Rosaceae) in its native range and in areas of introduction. *Plant Systematics and Evolution* 228(3-4):171–179.
- Amsellem, L., C. Dutech, and N. Billotte. 2001b. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci in *Rubus alceifolius* Poiret (Rosaceae), an invasive weed in La Réunion island. *Molecular Ecology Notes* 1:33–35.
- Andriany, N. 2002. Studi biologi dan daya konsumsi *Cibdela janthina* (Klug) (Hymenoptera: Argidae) terhadap gulma *Rubus alceifolius* Poiret (Rosales : Rosaceae). Report. Medan, Sumatera Utara, Indonesia. 82pp.
- Badenes-Perez, F. R., and M. T. Johnson. 2007. Ecology, host specificity and impact of *Atomacera petroa* Smith (Hymenoptera: Argidae) on *Miconia calvescens* DC (Melastomataceae). *Biological Control* 43(1):95–101.
- Baret, S. 1999. Étude des modes de croissance et de propagation de la vigne marronne (*Rubus alceifolius* Poiret.) à La Réunion. Master report. Henry Poincaré University. Nancy, France. 20pp.
- Baret, S. 2002. Mécanisme d'invasion de *Rubus alceifolius* à l'Ile de La Réunion Interaction entre facteurs écologiques et perturbations naturelles et anthropiques dans la dynamique d'invasion. PhD Thesis. University of La Réunion, Saint-Denis, France. 220pp.
- Baret, S., E. Nicolini, L. Humeau, T. Le Bourgeois, and D. Strasberg. 2003. Use of architectural and morphometric analysis to predict the flowering pattern of the invasive *Rubus* on Réunion island (Indian Ocean). *Canadian journal of Botany* 81:1293–1301.

- Baret, S., S. Maurice, T. Le Bourgeois, and D. Strasberg. 2004. Altitudinal variation in fertility and vegetative growth in the invasive plant *Rubus alceifolius* Poiret (Rosaceae), on Réunion island. *Plant Ecology* 172(2):265–273.
- Bedding, R., and E. Iede. 2005. Application of *Beddingia siricidicola* for *Sirex Woodwasp* control. in P. Grewel, editor. *Nematodes as biological control agents*. Centre for Agricultural Bioscience International, London:385–399.
- Benda, N., J. Possley, D. Powell, C. Buchanan-Mcgrath, and J. Cuda. 2012. New host plant record for the poison-ivy sawfly, *Arge humeralis* (Hymenoptera: Argidae), and its performances on two host plant species. *Florida Entomologist* 95(2):529–532.
- Bennett, F. D. 1999. *Vibrissina* sp. (Diptera: Tachinidae) a parasite of the seagrape sawfly *Sericeros krugii* (Hymenoptera: Argidae) in Puerto Rico: a new record. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 83(1-2):75–78.
- Bernardis, R., T. Georgescu, and T. Sandu. 2005. The response of somme rose varieties to the attack of *Acrosiphum Rosae* L. and *Arge Rosae* Berland. *Lucrari stiintifice, Universitatea de Stiinte agricole si medicina veterinara 'Ion Ionescu de la Brad' Iasi, Seria horticultura* 48:619–624.
- Blank, S., H. Hara, J. Mikulás, G. Csóka, C. Ciornei, R. Constantineanu, I. Constantineanu, L. Roller, E. Altenhofer, T. Huflejt, and G. Vetek. 2010. *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera : Argidae): an East Asian pest of elms (*Ulmus* spp.) invading Europe. *European Journal of Entomology* 107:357–367.
- Blossey, B., and R. Notzold. 1995. Evolution of increased competitive ability in invasive nonindigenous plant: a hypothesis. *Journal of Ecology* 83(5):887–889.
- Boraschi, D., and M. A. Del Lama. 2004. Populational genetic structure and sociogenetic structure of cocoon masses. *Genetics and Molecular biology* 27(3):385–390.
- Boyd, D. W., and C. L. Cheatham. 2004. Evaluation of twelve genotypes of *Hibiscus* for resistance to hibiscus sawfly, *Atomacera decepta* Rohwer (Hymenoptera: Argidae). *Journal of Environmental Horticulture* 22(3):170–172.
- Buckingham, G. R. 2001. Quarantine host range studies with *Lophyrotoma zonalis*, an Australian sawfly of interest for biological control of melaleuca, *Melaleuca quinquenervia*, in Florida. *BioControl* 46(3):363–386.
- Burrows, D. W., and J. K. Balciunas. 1997. Biology, distribution and host-range of the sawfly *Lophyrotoma zonalis* (Hym., Pergidae), a potential biological control agent for the Paperbark tree, *Melaleuca quinquenervia*. *Entomophaga* 42(3):299–313.
- Cadet, T. 1977. La végétation de l'île de La Réunion. PhD Thesis. University of Aix-Marseille, France. 362pp.
- Campadelli, G., and G. Crudele. 1998. Some natural enemies of *Arge achropus* (= *Hylotoma Rosae*). *Informatore Fitopatologico* 48(9):15–18.

- Caron, V., F. Moslih, F. J. Ede, and D. J. O'Dowd. 2011. An accidental biological control agent? Host specificity of the willow sawfly *Nematus oligospilus* (Hymenoptera: Tenthredinidae) in Australia. *Australian Journal of Entomology* 50(3):290–295.
- Caughley, G. 1976. Plant-Herbivore systems. *Theoretical Ecology: Principles and Applications*:94–113.
- Chauhan, U., and P. Kaushal. 1999. *Arge fumipennis* Smith (Hymenoptera: Argidae) a serious pest of roses at Nauni. *Insect Environment* 5(3):106–107.
- Coley, P., and J. Barone. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:305–335.
- Coupe, M. D., and J. F. Cahill Jr. 2003. Effects of insects on primary production in temperate herbaceous communities : a meta-analysis. *Ecological Entomology* 28:511–521.
- Cuda, J. P., J. C. Medal, M. D. Vitorino, and D. H. Habeck. 2005. Supplementary host specificity testing of the sawfly *Heteroperryia hubrichi*, a candidate for classical biological control of Brazilian peppertree, *Schinus terebinthifolius*, in the USA. *BioControl* 50(1):195–201.
- De Cordemoy, J. E. 1892. Nos forêts. *J. Rép. Le Ralliement, Réunion*:165-262.
- De Somviele, B., P. Lyytikäinen-Saarenmaa, and P. Niemela. 2004. Sawfly (Hym., Diprionidae) outbreaks on Scots pine: effect of stand structure, site quality and relative tree position on defoliation intensity. *Forest ecology and management* 194(1-3):305–317.
- De Vis, R. M. J., and J. C. van Lenteren. 2008. *Amitus fuscipennis*, an alternative to the biological control of *Trialeurodes vaporariorum* by *Encarsia formosa* ? *Bulletin of Insectology* 61(2):313–325.
- Ding, J., W. Fu, R. Reardon, Y. Wu, and G. Zhang. 2004. Exploratory survey in China for potential insect biocontrol agents of mile-a-minute weed, *Polygonum perfoliatum* L., in eastern USA. *Biological control: theory and application in pest management* 30(2):487–495.
- Ehrlich, P. R., and P. H. Raven. 1964. Butterflies and Plants : A study in coevolution. *Evolution* 18:586–608.
- Esbjerg, P. 1977. The blackish-blue birch sawfly (*Arge pullata*). *Manedsoversigt Over Plantesygdomme* 502:100.
- Fenili, G. A. 1981. Studies on Hymenoptera Symphyta *Arge enodis* (Linneo) (Tenthredinoidea, Argidae, Arginae). *Redia* 64:13–52.
- Friedman, F. 1997. Rosaceae. (Flore des Mascareignes, Ed.). Paris, France:1-11.
- Gigord, L., F. Picot, and J. A. Shykoff. 1999. Effects of habitat fragmentation on *Dombeya acutangula* (Sterculiaceae), a native tree on La Réunion (Indian Ocean). *Biological Conservation* 88:43–51.
- Gorske, S. F., and H. J. Hopen. 1976. Purslane sawfly (*Schizocerella pilicornis*) as a biological control agent of common purslane (*Portulaca oleraceae* L.). *HortScience* 11(3):326.

- Gorske, S. F., H. J. Hopen, and R. Randell. 1977. Bionomics of the purslane sawfly, *Schizocerella pilicornis*. *Annals of the Entomological Society of America* 70(1):104–106.
- Goulet, H., and J. Hubert. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Agriculture Canada Research Branch. 668pp.
- Grassé, P. P. 1951. Insectes supérieurs et Hémiptéroïdes. in Masson et Cie, editor. *Traité de Zoologie* Tome X. Paris, France. 1948pp.
- Gutrich, J. J., E. VanGelder, and L. Loope. 2007. Potential economic impact of introduction and spread of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in Hawaii. *Environmental Science & Policy* 10(7-8):685–696.
- Halstead, A. J. 2004. Berberis sawfly, *Arge berberidis* Schrank (Hymenoptera: Argidae), a pest new to Britain. *British Journal of Entomology and Natural History* 17(3):103–104.
- Harizanova, V., A. Stoeva, and B. G. Rector. 2012. Host range testing and biology of *Abia sericea* (Cimbicidae), a candidate for biological control of invasive teasels (*Dipsacus* spp.) in North America. *Journal of Hymenoptera Research* 28:1–11.
- Harranger, J. 1984. Cultures ornementales. Les Tenthredes. *Phytoma* 355:36–37.
- Haugen, D. A., and M. G. Underdown. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 Green Triangle outbreak. *Aust. For.* 53(1):33–40.
- Haugen, D. A. 2006. Record in the exotic forest pest information system *Sirex noctilio*. Report by North American Forest Commission. 7pp.
- Hight, S. D., I. Horiuchi, M. D. Vitorino, C. Wikler, and J. H. Pedrosa-Macedo. 2003. Biology, host specificity tests, and risk assessment of the sawfly *Heteroperreya hubrichi*, a potential biological control agent of *Schinus terebinthifolius* in Hawaii. *Biological Control* 48:461–476.
- Huang, Z., J. Wu, and Z. Zhang. 1991. Biology and control of sawflies, *Arge pagana* Panzer. *Journal of South China Agricultural University* 12(2):80–86.
- Iede, E., E. Schaitza, S. Penteado, R. Reardon, and S. Murphy. 1998. *Sirex noctilio* problem in Brazil: detection, evaluation, and control. Proceeding of a conference: Training in the control of *Sirex noctilio* by the use of natural enemies:45-52.
- Jian-sheng, W., S. Ju-Yong, and Z. Hong-Bin. 1996. Studies on biology of *Arge geei* Rohwer. *Entomological Knowledge* 33(2):87–90.
- Kalkmann, C. 1993. Rosaceae. (In *Foundation Flora Malesiana*, Ed.), 11th edition. The Netherlands:227–351.
- Kawas, H. Z. 2003. Studies on the sawfly *Arge* spp. (Hymenoptera: Argidae) on *Rosa* spp. in Syria. *Arab Journal of Plant Protection* 21(1):43–45.

- Kimberling, D. N. 2004. Lessons from history : predicting successes and risks of intentional introductions for arthropod biological control. *Biological Invasions* 6:301–318.
- Kleinschmidt, H. E., R. W. Johnson, and S. L. Everist. 1987. *Weeds of Queensland*. Queensland Department of Primary Industries. 469pp.
- Kueffer, C., and C. Lavergne. 2004. Forestry Department case studies on the status of invasive woody plant species in the Western Indian Ocean. Food and Agriculture Organization of the United Nations:43.
- Lago, P. K., and D. F. Stanford. 1989. Phytophagous insects associated with cultivated marijuana, *Cannabis sativa*, in northern mississippi. *Journal of Entomological Science* 24(4):437–445.
- Lavergne, C., J. Rameau, and J. Figier. 1999. The invasive woody weed *Ligustrum robustum* subsp. *walkeri* threatens native forests on La Réunion. *Biological Invasions* 1:377–392.
- Lavergne, R. 1978. Les pestes végétales de l’île de La Réunion. *Info Nature* 16:9–60.
- Le Bourgeois, T. 1998. Étude sur la lutte biologique contre la peste végétale *Rubus alceifolius* à La Réunion. Étape n°1: Bibliographie. CIRAD report. Montpellier, France, CIRAD. 9pp.
- Le Bourgeois, T. 2000. Étude sur la lutte biologique contre la peste végétale *Rubus alceifolius* à La Réunion. Étape n°3 Prospections. CIRAD report. Montpellier, France, CIRAD. 42pp.
- Le Bourgeois, T. 2001. Étude sur la lutte biologique contre la peste végétale *Rubus alceifolius* à La Réunion. Rapport annuel d’activité 2001. CIRAD report. Montpellier, France, CIRAD. 40pp.
- Li, P. S., S. G. Zhang, G. Y. Zhang, Z. Zhang, X. M. Wang, X. X. Qin, and R. T. Gao. 1987. Tests of controlling wood borers and tenthredinids with entemopathogenic nematodes. *Chinese Journal of Biological Control* 3(3):139–140.
- Lyytikäinen-Saarenmaa, P., and E. Tomppo. 2002. Impact of sawfly defoliation on growth of Scots pine *Pinus sylvestris* (Pinaceae) and associated economic losses. *Bulletin of entomological research* 92(2):137–140.
- Lyytikäinen-Saarenmaa, P., P. Niemela, and E. Annala. 2003. Growth responses and mortality of scots pine (*Pinus sylvestrus* L.) after a Pine sawfly outbreak. IUFRO Kanazawa 2003 International Symposium “Forest insect population dynamics and host influences.”:81-85.
- MacDonalds, I. A. W. 1989. Stratégie de recherche et de gestion pour le contrôle à long terme des pestes végétales à La Réunion. Rapport de mission, Conseil Régional de la Réunion. 16pp.
- MacDonalds, I. A. W., C. Thébaud, W. A. Strahm, and D. Strasberg. 1991. Effects of alien plant invasion on native vegetation remnants on La Réunion (Mascarene Islands, Indian Ocean). *Environmental Conservation* 18(1):51–61.
- Mahmood, K., and M. Ullah. 2011. Additions to the knowledge of taxonoy and biology of *Arge simlaensis* (Cameron) (Argidae: Hymenoptera) in rain fed conditions of Punjab (Pakistan). *Pakistan Journal of Zoology* 43(4):821–823.

- Mareggiani, G., S. Russo, and M. M. Lalanne. 1994. Bioecology and host plants of *Adurgo gonagra* (Klug) (Hymenoptera: Argidae). *Revista de la Facultad de Agronomia* 14(2):145–148.
- Mareggiani, G., S. Russo, and N. Gorosito. 1995. Biological and morphological parameters of immature stages of *Adurgo gonagra* (Klug) (Hym., Argidae). *Revista de la Facultad de Agronomia* 15(213):189–192.
- Medal, J. C., M. D. Vitorino, D. H. Habeck, J. L. Gillmore, J. H. Pedrosa, and L. P. De Sousa. 1999. Host specificity of *Heteroperreya hubrichi* Malaise (Hymenoptera: Pergidae), a potential biological control agent of Brazilian Peppertree (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Biological Control* 14:60–65.
- Moore, K. M. 1972. Observations on some Australian forest insects. Some insects attacking *Callitris hugelii* (White Cypress Pine). *Australian Zoologist* 17(1):40–46.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Özberk, I., A. Atli, A. Yücel, F. Özberk, and Y. Coskun. 2005. Wheat stem sawfly (*Cephus pygmaeus* L.) damage ; impacts on grain yield , quality and marketing prices in Anatolia. *Crop Protection* 24:1054–1060.
- Pedrosa-Macedo, J. H. 2000. Biology and behavior of the strawberry guava sawfly, *Haplostegus epimelas* Konow 1901 (Hymenoptera: Pergidae), in southern Brazil. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 102(1):129–134.
- Pereira, A. I. A., D. R. Smith, J. C. Zanuncio, and J. E. Serrao. 2009. Life history notes on the sawfly *Haplostegus nigricus* Conde (Hymenoptera: Pergidae) on *Psidium guajava* (Myrtaceae) in minas gerais state, Brazil. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 111(4):795–806.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga, and D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50(1):53–65.
- Pimentel, D., R. Zuniga, and D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52(3):273–288.
- Quere, P. 1990. Le problème des pestes végétales sur l'île de La Réunion. ONF report. Saint Denis, La Réunion, France.
- R Development Core Team. 2010. R: a language and environment for statistical computing. The R Development Core Team. *Computer program*. Vienna, Austria. 1706pp.
- Rasplus, J., C. Villemant, M. R. Paiva, G. Delvare, and A. Roques. 2010. Hymenoptera Chapter 12. *BioRisk* 4(2):669–776.
- Regas-Williams, K. A., and D. H. Habeck. 1979. Life history of a poison-ivy sawfly *Arge humeralis* (Beauvois) (Hymenoptera: Argidae). *Florida Entomologist* 62(4):356–363.

- Richardson, D. M., P. Pysek, M. Rejmanek, M. G. Barbour, F. D. Panetta, and C. West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6:93–107.
- Schoonhoven, L. M., J. J. A. van Loon, and M. Dicke. 2005. *Insect-Plant Biology*. Oxford university Press, New York. 440pp.
- Scott, J. K., and R. G. Shivas. 1998. Impact of insects and fungi on doublegee (*Emex australis*) in the Western Australian wheatbelt. *Australian Journal of Agricultural Research* 49(5):767–773.
- Senn, J., S. Hanhimaki, and E. Haukioja. 1992. Among-tree variation in leaf phenology and morphology and its correlation with insect performance in the mountain birch. *Oikos* 63(2):215–222.
- Shinohara, A., H. Yoshida, and H. Hara. 2007. Distribution records of willow-feeding sawfly, *Arge enodis* (Hymenoptera, Argidae), in Japan, with notes on its immature stages and life history. *Japanese Journal of Systematic Entomology* 13:359–366.
- Shinohara, A., H. Hara, and H. Kojima. 2012. Taxonomy, distribution and life history of Berberis-feeding sawfly, *Arge longicornis* (Hymenoptera, Argidae) from Northeastern Asia. *Japanese Journal of Systematic Entomology* 18(1):105–121.
- Sigala, P., and C. Lavergne. 1996. Les plantes exotiques envahissantes des forêts indigènes de l'île de La Réunion : perspectives de lutte biologique. in ONF, editor. *Proceedings of the IX International Symposium on Biological Control of weeds*. South Africa:19–26
- Smirnoff, W. A. 1971. Adaptation of *Thelohania pristiphorae* Smir. to *Arge pectoralis* (Leach) and its dissemination in populations of this insect. *Annals of the Entomological Society of Quebec* 16(2):86–88.
- Smith, D. R., and E. A. B. Diaz. 2001. A new species of *Sericeros* Konow (Hymenoptera: Argidae) damaging villetana trees, *Triplaris caracasana* Cham. (Polygonaceae) in Paraguay. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*:217–221.
- Soulères, O. 1991. Le problème des exotiques envahissantes à La Réunion. ONF, *Bulletin Technique*:123–130.
- Strasberg, D. 1995. Processus d'invasion par les plantes introduites à la Réunion et dynamique de la végétation sur les coulées volcaniques. *Ecologie* 26(3):169–180.
- Tisdale, R. A., and M. R. Wagner. 1991. Oviposition Behavior of *Neodiprion fulviceps* (Cresson) (Hymenoptera: Diprionidae) on Ponderosa Pine. *Journal of Insect Behavior* 4(5):609–617.
- Van Thuan, N. 1970. *Flora of Thailand*. Thailand institute of Science and Technological Research 2:41–61.
- Wan, Z., and T. Wang. 1989. A study on *Arge nipponensis* Rohwer. *Insects Knowledge* 26(2):85–88.

- Yang, J. Y., H. H. Kim, D. W. Lee, H. C. Shin, and H. Y. Choo. 2007. Biological control of *Arge captiva*, *Arge pagana papana*, and *Arge similis* with entomopathogenic nematodes. Journal of Korean Forestry Society 96(1):1–6.
- Yemshanov, D., F. H. Koch, D. W. Mckenney, M. C. Downing, and F. Sapio. 2009. Mapping invasive species risks with stochastic models: a cross-border United States-Canada application for *Sirex noctilio* Fabricius. Risk Analysis 29(6):868–884.
- Ying, Q., and F. Chang-Yuan. 1992. Biology and control of the sawfly *Arge przhewalskii* Guss. Acta Entomologica Sinica 2:200–207.

Lexique

Anthropogénique : Qui a pour source l'être humain.

Apomixie : Mode de multiplication asexuée, sans méiose (séparation des chromosomes) ni fécondation (mélange des chromosomes).

Arrhénotoque : Parthénogénèse* qui ne produit que des individus mâles (femelles pour **thélytoque**).

Bouturage : Méthode végétative de certaines plantes consistant à donner naissance à un nouvel individu à partir d'un organe ou d'un fragment isolé.

Claviforme : Renflé à l'extrémité comme une massue.

Diapause : C'est une phase génétiquement déterminée dans le développement d'un organisme où il diminue l'intensité de ses activités métaboliques.

Génotype : Ensemble ou partie donnée de la composition génétique d'un individu.

Gravide : Se dit d'une femelle prête à pondre.

Hétérotrophe : Organisme ne pouvant fabriquer lui-même tous ses constituants et doit, de ce fait, utiliser des matières organiques exogènes.

Hybridation : Croisement entre deux individus d'une même espèce ou non, en vue d'obtenir des hybrides.

Marcottage : Méthode de multiplication des végétaux par la rhizogenèse (développement de racines) sur une partie aérienne d'une plante mère.

Nymphoser : Transformation d'une larve en nymphe. État de l'insecte suite à cette transformation.

Oviposition : Action de déposer des œufs.

Parthénogénèse : Multiplication à partir d'un gamète femelle non fécondé.

Phytophage : Organisme vivant qui se nourrit à partir de végétaux.

Plurivoltin : Organisme dont les œufs n'attendent pas une année pour éclore et qui donne plusieurs générations.

Rejet de souche : Nouvelle pousse apparaissant sur une plante à partir des parties sous-terraines.

Sternite : Définit la région ventrale rigide d'un métamère, que sont les différents segments rigides du corps des arthropodes.

Tarière : Ou oviscapte ou ovipositeur est l'appendice abdominal, généralement long et effilé, à l'aide duquel de nombreuses femelles d'insectes déposent leurs œufs.

Tétraploïde / triploïde : Se dit d'un organisme dont les cellules possèdent $4n/3n$ chromosomes, chaque chromosome existe en ensembles de quatre.

Annexe n°1 : Les Argidae considérées comme des ravageurs

Espèce	Famille de la Plante	Espèce de plante	Statut de la Tenthrède	Région	Références
<i>Adurgoa gonagra</i>	<i>Caesalpiniaceae</i>	<i>Senna pendula</i>	Ravageur	Argentine	(Mareggiani <i>et al.</i> 1994, 1995)
<i>Aproceros leucopoda</i>	<i>Ulmaceae</i>	<i>Ulmus</i> sp.	Ravageur	Europe	(Blank <i>et al.</i> 2010)
<i>Arge berberidis</i>	<i>Berberidaceae</i>	<i>Berberis</i> spp. <i>Mahonia</i> spp.	Ravageur	Europe	(Harranger 1984; Halstead 2004)
<i>Arge captiva</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> spp.	Ravageur	Europe	(Yang <i>et al.</i> 2007)
<i>Arge enodis</i>	<i>Salicaceae</i>	<i>Salix babylonica</i>	Ravageur	Italie	(Fenili 1981; Shinohara <i>et al.</i> 2007)
<i>Arge fumipennis</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> spp.	Ravageur	Inde	(Chauhan & Kaushal 1999)
<i>Arge fuscinervis</i>	<i>Betulaceae</i>	<i>Betula pubescens</i>	Ravageur	Finlande	(Senn <i>et al.</i> 1992)
<i>Arge geei</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa chinensis</i>	Ravageur	Chine	(Jian-sheng <i>et al.</i> 1996)
<i>Arge longicornis</i>	<i>Berberidaceae</i>	<i>Berberis</i> spp.	Agent de lutte biologique, Ravageur	USA	(Shinohara <i>et al.</i> 2012)
<i>Arge nigrinodosa</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa multiflora</i>	Ravageur	Japon	(Adachi 1981a)
<i>Arge nipponensis</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa multiflora</i>	Ravageur	Japon	(Adachi 1981b; Wan & Wang 1989)
<i>Arge ochropus</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> spp.	Ravageur	Europe	(Acatay 1970; Harranger 1984; Campadelli & Crudele 1998; Kawas 2003)
<i>Arge pagana</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> spp.	Ravageur	Chine	(Huang <i>et al.</i> 1991; Kawas 2003; Yang <i>et al.</i> 2007)
<i>Arge pectoralis</i>	<i>Betulaceae</i>	<i>Betula papyrifera</i>	Ravageur	Canada	(Smirnov 1971)
<i>Arge przhewalskii</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> spp.	Ravageur	Chine	(Li <i>et al.</i> 1987; Ying & Chang-Yuan 1992)
<i>Arge pullata</i>	<i>Betulaceae</i>	<i>Betula</i> spp.	Ravageur	Europe, Asie	(Esbjerg 1977)

<i>Arge rosae</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> spp.	Ravageur	Roumanie	(Bernardis <i>et al.</i> 2005)
<i>Arge similis</i>	<i>Ericaceae</i>	<i>Rhododendron</i>	Ravageur	Europe	(Yang <i>et al.</i> 2007)
<i>Arge simlaensis</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa</i> spp.	Ravageur	Pakistan	(Mahmood & Ullah 2011)
<i>Arge ustulata</i>	<i>Betulaceae</i> <i>Salicaceae</i>	<i>Betula</i> spp. <i>Salix</i> spp.	Ravageur	Europe	(Alford 2012)
<i>Atomacera decepta</i>	<i>Malvaceae</i>	<i>Hibiscus</i> spp.	Ravageur	USA	(Boyd & Cheatham 2004)
<i>Digelasinus diversipes</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Eugenia glazioviana</i>	Ravageur	Brésil	(Boraschi & Del Lama 2004)
<i>Schizocerella pilicornis</i>	<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	Agent de lutte biologique, Ravageur	USA	(Gorske & Hopen 1976; Gorske <i>et al.</i> 1977)
<i>Schizocerella pilicornis</i>	<i>Cannabaceae</i>	<i>Cannabis sativa</i>	Ravageur	USA	(Lago & Stanford 1989)
<i>Sericoceros krugii</i>	<i>Polygonaceae</i>	<i>Coccoloba uvifera</i>	Ravageur	Caraïbes	(Bennett 1999)
<i>Sericoceros villetanae</i>	<i>Polygonaceae</i>	<i>Triplaris caracasana</i>	Ravageur	Paraguay	(Smith & Diaz 2001)
<i>Zenarge turneri</i>	<i>Cupressaceae</i>	<i>Callitris hugelii</i>	Ravageur	Australie	(Moore 1972)

Annexe n°2 : Les tenthrèdes étudiées comme agent potentiel de lutte biologique contre des plantes envahissantes

Tenthrède		Plantes		Pays	Références
Famille	Espèce	Famille	Espèce		
<i>Argidae</i>					
	<i>Schizocerella pilicornis</i>	<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca oleracea</i>		(Gorske & Hopen 1976; Gorske <i>et al.</i> 1977)
	<i>Atomacera petroa</i>	<i>Melastomataceae</i>	<i>Miconia calvescens</i>	Hawaii	(Badenes-Perez & Johnson 2007)
	<i>Arge humeralis</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Toxicodendron radicans</i>	Bermuda	(Regas-Williams & Habeck 1979; Benda <i>et al.</i> 2012)
<i>Cimbicidae</i>					
	<i>Abia sericea</i>	<i>Dipsacaceae</i>	<i>Dipsacus</i> spp.	USA	(Harizanova <i>et al.</i> 2012)
<i>Pergidae</i>					
	<i>Lophyrotoma zonalis</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	USA	(Burrows & Balciunas 1997; Buckingham 2001)
	<i>Lophyrotoma analis</i>	<i>Polygonaceae</i>	<i>Emex australis</i>	Australia	(Scott & Shivas 1998)
	<i>Heteroperreyia hubrichi</i>	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Schinus terebinthifolius</i>	USA	(Medal <i>et al.</i> 1999; Cuda <i>et al.</i> 2005)
	<i>Haplostegus epimelas</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium cattleianum</i>		(Pedrosa-Macedo 2000)
	<i>Haplostegus nigricrus</i>	<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i>		(Pereira <i>et al.</i> 2009)
<i>Tenthredinidae</i>					
	<i>Nematus oligospilus</i>	<i>Salicaceae</i>	<i>Salix</i> spp.	Australia	(Caron <i>et al.</i> 2011)
	<i>Allantus nigrocaeruleus</i>	<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum perfoliatum</i>	USA	(Ding <i>et al.</i> 2004)

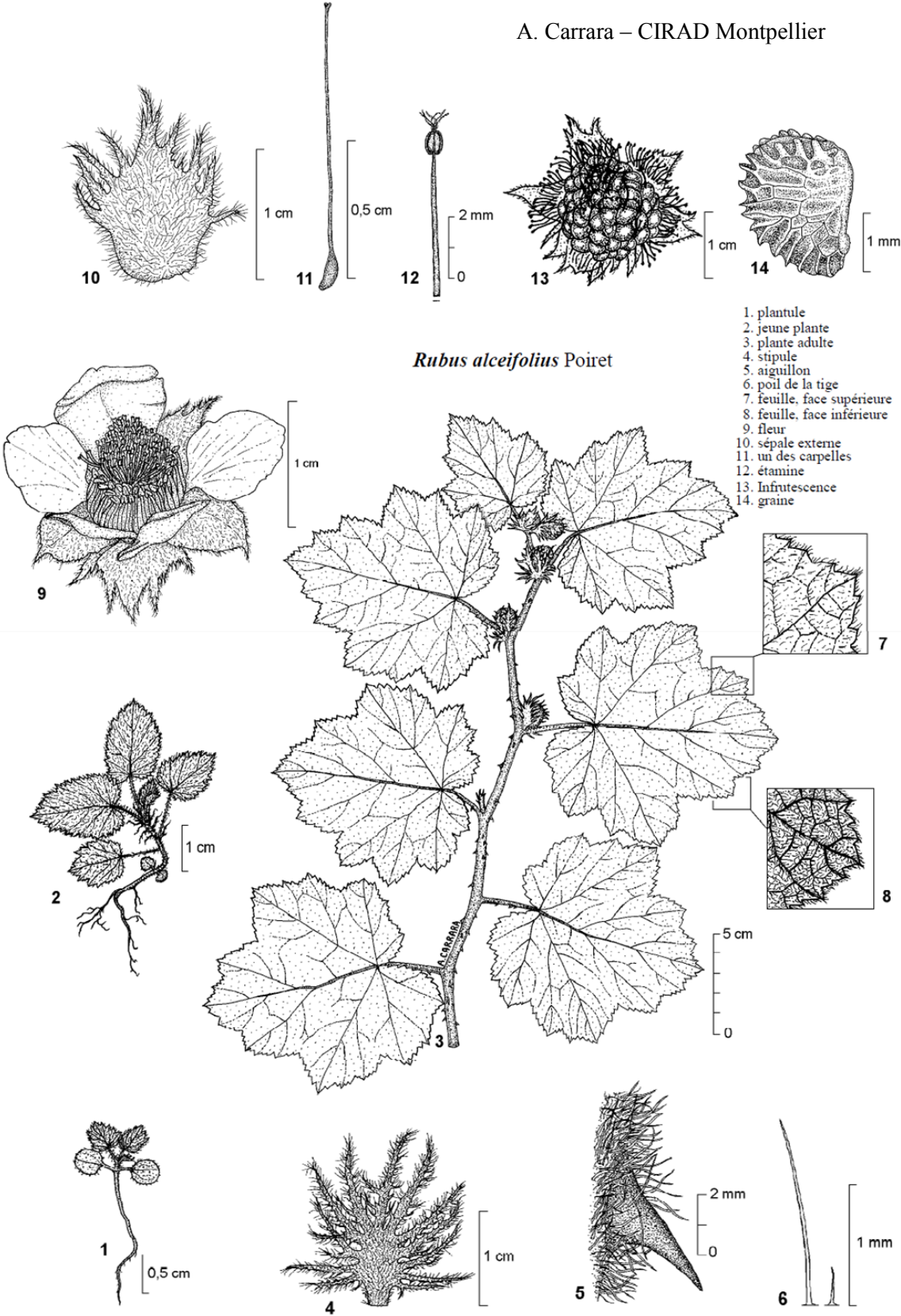
Annexe n°3 : Un massif de *Rubus alceifolius*



(Photo : A. Mathieu)

Annexe n°4 : Planche botanique de *Rubus alceifolius*

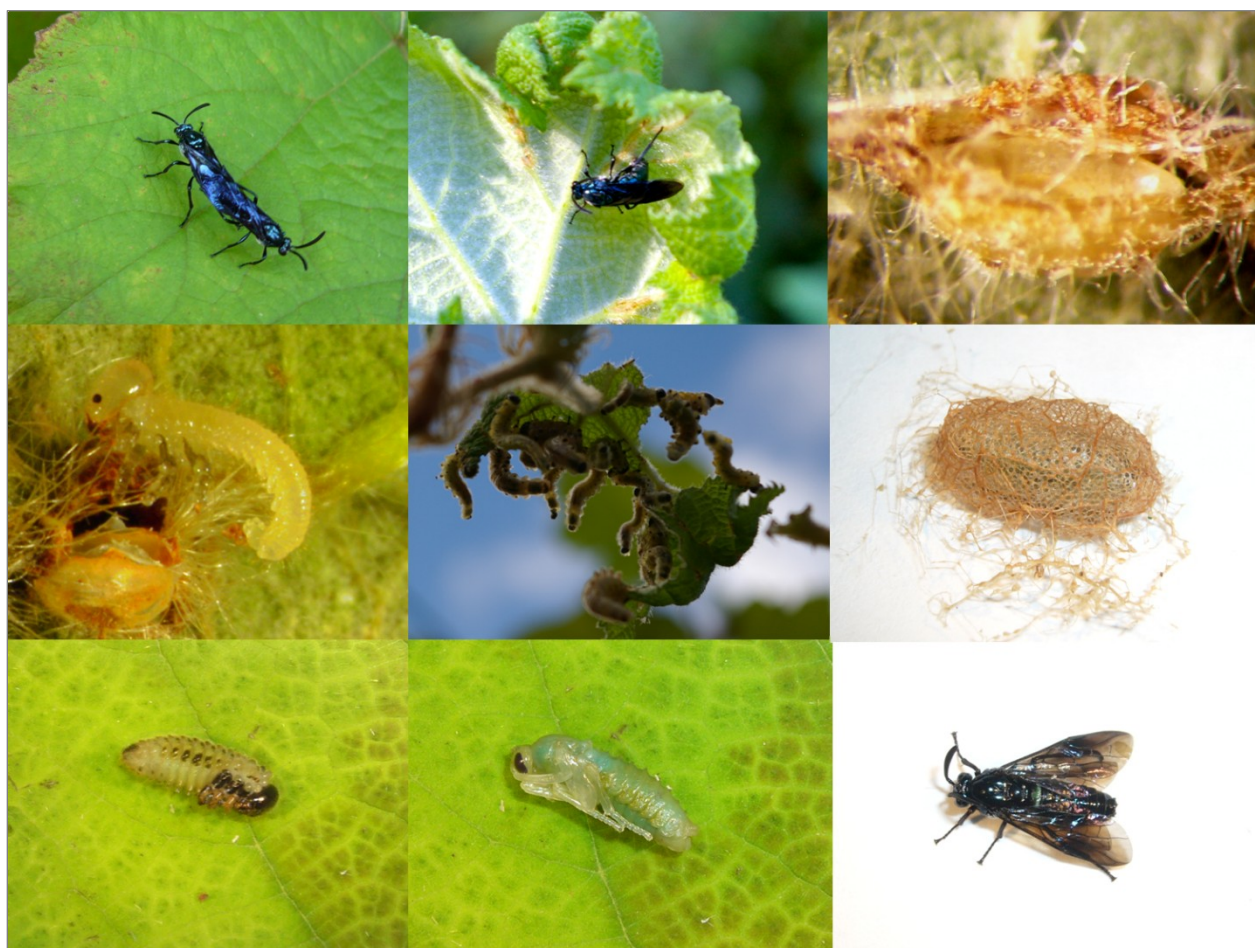
A. Carrara – CIRAD Montpellier



Annexe n°5 : Taxonomie de *Cibdela janthina*

Classe	<i>Insecta</i>
Ordre	<i>Hymenoptera</i>
Sous-ordre	<i>Symphyta</i>
Superfamille	<i>Tenthredinoidea</i>
Famille	<i>Argidae</i>
Sous-famille	<i>Arginae</i>
Genre	<i>Cibdela</i>
Espèce	<i>Cibdela janthina</i>

Annexe n°6 : Les différents stades de vie de *Cibdela janthina*



De gauche à droite et de haut en bas. Accouplement de *Cibdela janthina*. Femelle pondant sur *Rubus alceifolius*. Œuf inséré dans une nervure secondaire de *R. alceifolius*. Larve à l'éclosion. Larves se nourrissant de manière grégaire. Cocon d'une femelle. Pré-nymphé. Nymphé. Femelle de *C. janthina*. (Photos : A. Mathieu)

Annexe n°7 : Cycle biologique de *Cibdela janthina*

Cycle biologique de *Cibdela janthina*



Annexe n°8 : Grande cage expérimentale



(Photo : Q. Chesnais)

Annexe n°9 : Organisation de la grande cage expérimentale



Plant de *Rubus alceifolius*; Plante en fleur : Pourpier maraîcher.
(Photo : Q. Chesnais)

Annexe n°10 : Œufs de *Cibdela janthina* dans une nervure de *Rubus alceifolius*



(Photo : Q. Chesnais)